

Brechas tecnológicas y de innovación entre países industrializados y países en desarrollo en la industria farmacéutica

ALENKA GUZMÁN
JORGE LUDLOW
HORTENSIA GÓMEZ*

INTRODUCCIÓN

El propósito de este ensayo es explicar los diferenciales de crecimiento de países industrializados y de países en desarrollo en la industria farmacéutica a partir de las brechas tecnológicas y de innovación durante el período 1978-2002. En ese contexto, se evalúan los diferenciales de crecimiento y de desarrollo tecnológico de ambos bloques de países y se analizan las tendencias de convergencia o divergencia tecnológica y de innovación

Manuscrito recibido en mayo de 2003; aceptado en diciembre de 2003.

* Alenka Guzmán es profesora e investigadora del Departamento de Economía de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Iztapalapa, <alenka@prodigy.net.mx>; Jorge Ludlow es profesor e investigador del Departamento de Economía de la UAM Azcapotzalco, <jlw@correo.azc.uam.mx>, y Hortensia Gómez es doctorante del Posgrado de Estudios Sociales, línea Economía Social, UAM Iztapalapa, <hortensita@starmedia.com.mx>. Este ensayo se inscribe en el proyecto de intercambio científico-académico franco-mexicano ECOS-NORD-ANUIES, *Los efectos de las reformas de la propiedad intelectual en la industria farmacéutica. Los países en desarrollo versus los países industrializados*. Los autores agradecen los comentarios de dos dictaminadores anónimos.

asociadas a sus respectivos niveles de capacidades tecnológicas. Entre las interrogantes que se plantean en esta investigación están las siguientes: ¿es posible la tendencia convergente y de alcance (*catch up*) tecnológico de los países en desarrollo hacia los países industrializados en una industria caracterizada por una elevada intensidad tecnológica? Dado que la continuidad en una trayectoria tecnológica es difícil predecir debido, entre otros factores, a que la invención es resultado de un proceso de búsqueda directa o de ensayo y error y, por tanto, estaría condicionada al éxito o al fracaso, ¿cómo anticipar la invención potencial y su relación con la investigación y el desarrollo (ID)? ¿Es viable la convergencia tecnológica si se considera que la ID de frontera del país extranjero (país industrializado) puede reducir la ID o constituir una barrera a otras invenciones de investigadores y la ID del país residente (país en desarrollo)? ¿Cómo explicar la propensión a patentar entre países y en qué medida influye en la relación patentes/ID?

Los procesos de convergencia tecnológica entre países, en los cuales se involucran las macroestructuras industriales y los sistemas productivos, han sido estudiados.¹ Diversos trabajos han constatado la hipótesis del alcance utilizando el nivel de desarrollo económico como un *proxy* del desarrollo tecnológico (Gomulka, Singer y Reynolds, Cornwall y otros). Los estudios sectoriales son más escasos, pero son muy necesarios para identificar en cuáles de sus sectores los países tienden hacia la convergencia tecnológica y en cuáles las brechas tecnológicas tienden a incrementarse.²

Esta investigación se propone constatar las hipótesis planteadas por el enfoque de las brechas tecnológicas, pero a nivel de industria:

¹ Entre los autores que han analizado la convergencia tecnológica están Abramovitz, 1979; Baumol, 1986; Denison, 1962; Fagerberg, 1987, 1994, entre otros.

² Véase, Wolff, "The Dynamics of Technology, Trade and Growth", en J. Fagerberg, *et al.* (eds.), 1994; Beelen y Verspagen, 1994; Bernard y Jones, "Productivity Across Industries and Countries, Times Series Theory and Evidence", *The Review of Economics and Statistics*, 1996, pp. 135-145; Elmslie y Milberg, "The Productivity Convergence Debate: a Theoretical and Methodological Reconsideration", *Cambridge Journal of Economics*, 1996, pp. 153-182.

- i) Las divergencias en el crecimiento del sector farmacéutico de países en desarrollo con respecto a los países industrializados están fuertemente vinculadas a las brechas tecnológicas y de innovación
- ii) Las posibilidades del alcance de países en desarrollo sólo pueden ser explicadas por tasas de crecimiento superiores a las registradas por los países industrializados, vinculadas a un importante desarrollo de capacidades tecnológicas e institucionales
- iii) La retroalimentación que se establece entre la ID y las patentes potencia las capacidades de innovación y contribuye a crear un círculo virtuoso que, acompañado de la transferencia tecnológica y del crecimiento de la productividad, conduce a los países en desarrollo al sendero de la convergencia y del alcance

El trabajo se presenta en cinco secciones. En la primera se plantea la discusión teórica de la investigación. En la segunda se ubica a la industria farmacéutica en el contexto del análisis de brechas tecnológicas. En la tercera se especifican la metodología y las fuentes utilizadas en la investigación. En la cuarta se analiza la evidencia empírica de las brechas tecnológicas y las tendencias de convergencia o divergencia de la industria farmacéutica entre países, a partir de un modelo que explica la dinámica de crecimiento e innovación a través de la interacción establecida entre los niveles de ID y de patentes y el desarrollo económico. Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

LAS BRECHAS TECNOLÓGICAS Y EL ALCANCE: UNA DISCUSIÓN TEÓRICA

El enfoque de la brecha tecnológica

Entre los problemas que plantea la teoría del crecimiento económico está la comprensión de la enorme diversidad de ingresos y tasas de crecimiento económico en el mundo. Considerando las brechas económicas entre países, varios estudios se han orientado a explicar la rápida transformación económica de algunos países, tales como Japón y Corea del Sur, y su

proceso de alcance del nivel propio de los países desarrollados. Asimismo, han buscado entender la razón por la cual algunos países agudizan su rezago relativo en el crecimiento del producto interno bruto (PIB) per cápita. Abramovitz y David (1996) señalan que el argumento central de la hipótesis de la convergencia del crecimiento económico es la habilidad de un país, bajo ciertas condiciones, de crecer más que el líder inicial.³ Los procesos de convergencia o divergencia económica han sido asociados, entre otros factores, a los diferenciales de desarrollo tecnológico y de capital humano (Abramovitz, 1986; Maddison, 1982; Baumol, 1986).

El enfoque de la brecha tecnológica desarrollado por Posner (1961), Gomulka (1971), Cornwall (1977), Abramovitz (1986) y otros autores plantea que los significativos diferenciales en los niveles y tendencias tecnológicas que caracterizan al sistema económico internacional sólo podrán ser remontados mediante transformaciones radicales en las estructuras tecnológicas, económicas y sociales.⁴ El enfoque supone que existe una estrecha correlación entre las tasas de crecimiento económico y las tasas de crecimiento del nivel tecnológico. El relativo atraso tecnológico de los países pobres conlleva una oportunidad para su rápido crecimiento económico (Abramovitz, 1986).⁵ En efecto, estos países disponen de un gran potencial por el hecho mismo de su retraso, en la medida en que les es posible imitar a los países más avanzados y adoptar

³ Los antecedentes históricos de la hipótesis de la convergencia en el largo plazo entre países pobres y países ricos se remontan a los estudios de T. Veblen, *Imperial Germany and the Industrial Revolution*, Nueva York, McMillan, 1915; F. Ramsey, "A Mathematical Theory of Saving", *Economic Journal*, núm. 30, diciembre de 1928, pp. 543-559, y W. Rostow, *The Stages of Economic Growth*, Cambridge, Universidad de Cambridge, 1960, pero incluso a mediados del siglo XVIII David Hume y Josiah Tucker plantean algunas ideas pioneras (Rassekh, 1998).

⁴ Los trabajos de Pavitt y Soete han probado las hipótesis planteadas por Posner (1961) y Gomulka (1971), citados en J. Fagerberg, 1987.

⁵ A Gerschenkron (1952) se le atribuye la "teoría del atraso relativo" en la que se plantea que el atraso relativo de los países tiene una ventaja. Abramovitz (1986) sostiene que "entre mayor sea el avance tecnológico, y en consecuencia, la brecha de productividad entre el líder y el seguidor, será mayor el potencial de crecimiento en

las mejores técnicas.⁶ Así, la estrategia imitativa posibilitará a los países con rezago tecnológico respecto a la frontera mundial de innovación aumentar su tasa de crecimiento económico. Sin embargo, las posibilidades de convergencia y de alcance están condicionadas a las habilidades para transformar las estructuras sociales institucionales y económicas. La existencia de capacidades sociales (Abramovitz, 1986) y la reforma de las instituciones (Maddison, 1982) son condiciones necesarias para el rápido crecimiento económico y el alcance.

Factores que contribuyen a la convergencia tecnológica

Hay consenso en aceptar la correlación que existe entre los niveles de desarrollo económico y tecnológico. Sin embargo, la diferencia de cómo medir y definir el desarrollo tecnológico está asociada a las diferentes visiones teóricas que se tengan sobre el progreso tecnológico. En este trabajo se distinguen esencialmente dos enfoques. El primero, el neoclásico tradicional, y el segundo, el de la brecha tecnológica, en el cual se centra esta investigación.

Por un lado, en el enfoque neoclásico tradicional el nivel de desarrollo tecnológico depende fundamentalmente de la intensidad entre capital y trabajo, asociado a su vez a los precios relativos de éstos. El indicador esencial, en este enfoque, es el de inversión de capital físico. Sin embargo, el cambio tecnológico se asume como completamente independiente de la acumulación de capital y no considera la existencia de economías de escala (Gomulka, 1990). Una de las críticas hechas a la teoría neoclásica tradicional es su incapacidad para incorporar el fenómeno innovativo y su importancia en la determinación en la conducta de las empresas (Capdeville, 1999).

la productividad del seguidor; y manteniéndose otras variables, mayor será la velocidad de la tasa de crecimiento del seguidor. Los seguidores tienden al alcance si ellos están inicialmente más atrasados”, pero ello, subraya este autor, a condición de que estos últimos posean capacidades sociales (p. 386).

⁶ B. Amable, R. Barré y R. Boyer, 1997, p. 62.

Por el otro, el enfoque de la brecha tecnológica asocia el nivel tecnológico al nivel de actividad de innovación. La innovación en un sentido shumpeteriano implica nuevos bienes producidos y nuevas técnicas con sus respectivas consecuencias en términos de precios y de mejora en la productividad. La mejora en el conocimiento tecnológico, las potenciales economías de escala y el factor sustitución tienen conjuntamente una influencia decisiva en la variación de la productividad y las tasas de crecimiento entre industrias (Salter, 1966).⁷ De ello se desprende que los países con un mayor nivel de innovación tiendan a incrementar su valor agregado por trabajador, o PIB per cápita, que otros países. A su vez, la vía imitativa posibilita que los países más atrasados potencien su desarrollo; pero el que alguno de ellos alcance o incluso supere los niveles de los países líderes implica que los primeros han transitado hacia la actividad innovativa endógena.

Cuando se considera un período largo donde la relación capital producto no cambia, la variación entre países podrá ser explicada por la innovación. En ese sentido, la brecha es un indicador agregado de largo plazo de algunos de los factores que influyen en la tasa de transferencia tecnológica internacional y, por tanto, del crecimiento de las tasas de innovación y la productividad laboral en la importación de tecnología.⁸ Se establece así un círculo virtuoso entre la inversión de capital y la innovación. En efecto, el proceso de innovación requiere de inversión de capital, de transferencia tecnológica, pero, a su vez, la innovación es requerida para generar oportunidades de inversión rentable y, por tanto, mantener un acelerado crecimiento de capital por trabajador. La transferencia tecnológica, la tasa de innovación y el crecimiento de la productividad en los países importadores de tecnología son, entonces, indicadores que definen la brecha tecnológica entre países, supeditada ésta desde luego a las capacidades sociales (Gomulka, 1990).

⁷ De hecho, son las innovaciones de los procesos y la creación de nuevos equipos los factores que fomentan las potenciales economías de escala.

⁸ Gomulka, 1990, p. 155.

La transferencia tecnológica,⁹ al igual que la inversión extranjera directa, y el comercio internacional son mecanismos a través de los cuales se difunde la tecnología (Keller, 2001). La difusión tecnológica de los países más avanzados hacia países más atrasados favorece la convergencia y el alcance de los últimos (Abramovitz, 1982; Baumol, 1986). Al ser la tecnología un bien público, su difusión crea externalidades positivas que contribuyen a aumentar la eficiencia del proceso de investigación a nivel de las firmas (Grossman y Helpman, 1991; Adams, 2000). Aun como bien privado, el nuevo conocimiento, pese a la protección temporal para su explotación monopólica a través de las patentes, también puede ser fuente de diseminación del conocimiento tecnológico (Verspagen y Schoenmakers, 2000). Aunque las empresas trasnacionales son el mejor vehículo para la transferencia tecnológica, no todos los países huéspedes de las trasnacionales experimentan un alto crecimiento, debido a que algunos son incapaces de absorber la tecnología extranjera (Blomström, Lipsey y Zejan, 1996) y, mucho menos, inician un sendero de innovación.

La innovación, a diferencia de la invención, implica la integración del progreso técnico en la producción. Esta tiene esencialmente dos fuentes: la investigación y el desarrollo (ID) realizada por empresas o instituciones públicas y el conocimiento proveniente del aprendizaje acumulado en el proceso productivo. Actualmente se concibe al proceso de innovación como resultado de una confrontación permanente entre el acervo de conocimientos disponibles, fruto de la investigación científica, y la decisión estratégica de la empresa. Esto último se expresa en términos de costos de oportunidades, dependiendo del estado del mercado, del ciclo del producto, de las calificaciones del personal, de la capacidad financiera y de la información de que éste disponga (Zaidman y Bovar, 1994). En esta forma de

⁹ Desde mediados del siglo XVIII, Hume argumentaba que el incentivo para que las economías más pobres crecieran más rápido que las economías ricas era la transferencia de tecnología y los bajos salarios. Más de medio siglo después, Veblen (1915) atribuye también a la transferencia tecnológica de los países más avanzados a los menos avanzados un factor explicativo de la convergencia (Rassekh, 1998).

concebir la dinámica de innovación subyacen dos enfoques que son complementarios: el de demanda (*demand pull*, Schmookler, 1966), que atribuye al tamaño y a la evolución del mercado, los factores que inducen al progreso tecnológico, y el de oferta (*technology push*, Phillips, 1966), para el cual las oportunidades tecnológicas, en función de la dinámica propia de los conocimientos científicos, condicionan la innovación.

En la lógica del círculo virtuoso que se establece entre la inversión de capital y la innovación, las decisiones de inversión en capital físico y en ID implican una condicionalidad y complementariedad en la estrategia de las firmas para competir en los mercados. En efecto, la producción de un nuevo producto derivado de ID a menudo requiere de la ampliación de las capacidades productivas o la adecuación de las plantas, pero a su vez esto último necesita del apoyo de estudios tecnológicos especializados (Guellec, 1993).

El proceso de invención-innovación: la relación de ID y patentes

Las decisiones de ID de las empresas se analizan en modelos de economía industrial como carrera o competencia de patentes (Tirole, 1988), en la que el inventor adquiere el monopolio de la explotación de su invención. Estas decisiones dependen de condiciones de mercado *ex ante*, donde se considera la estructura de mercado (monopólico, oligopólico, libre competencia) y la estructura *ex post* del mercado influida por el tamaño de la innovación, sea ésta incremental o radical. Numerosas interrogantes complementan este tipo de modelos asociadas a la incertidumbre al emprenderse la ID: ¿el resultado de la investigación es *a priori* certero?, ¿la duración es conocida *a priori*?; también, sobre la acumulación de conocimientos: ¿existe acumulación de esfuerzos de investigación a través del proceso o la investigación es aleatoria y sin memoria?, ¿la información se transmite (externalidades) entre los participantes de la carrera? Las decisiones de emprender la ID para innovar radicalmente o incremental-

mente dependerán de las condiciones específicas de los mercados y las dinámicas tecnológicas (Guellec, 1993).

La relación entre patentes e investigación y desarrollo puede ser analizada a través de dos fenómenos: i) la propensión a patentar (cambios en la razón patentes/inención) y ii) la potencialidad de la invención en el tiempo (los cambios en la razón patentes/ID o también por los cambios en la razón de patentes/científicos-ingenieros).¹⁰

El estudio de la propensión a innovar considera diferentes niveles de análisis: el del país, el de la industria, o bien, el del país y la industria. En el ámbito del país los factores que afectan la propensión a patentar están vinculados con los sistemas de propiedad intelectual incluyendo los costos administrativos.¹¹ Existe una relación inversa entre costos de la propiedad intelectual y la propensión a patentar. En relación con la industria, la propensión depende del campo de tecnología o industria.¹² El efecto en la variación de costos dependerá de la importancia relativa que tenga la industria en términos de innovación. Así, un incremento en los costos de patentes tendrá mayores efectos negativos en la razón patentes/inención en una industria donde la proporción a inventar sea pequeña.

Otro aspecto que afecta la propensión a patentar es la *obsolescencia esperada*. Este fenómeno ocurre por la competencia de inventores residentes quienes realizan invenciones incrementales, sustitutos cercanos o imitaciones de las invenciones anteriores (Mansfield, 1987). La obsolescencia esperada tiende a ser mayor con la participación de inventores extranjeros (no residentes) en determinadas industrias o campos de investigación.

Según el modelo de *búsqueda de invención* (Evenson y Kislev, 1975; Lee, 1982), la invención es resultado de un proceso de búsqueda directa

¹⁰ Véase, R.E. Evenson, 1991.

¹¹ Entre los factores asociados al sistema de propiedad intelectual entre los países están: i) requisitos legales y administrativos; ii) tiempo de demora entre la aplicación y cesión de una patente, y iii) litigación y costos asociados con el patentamiento.

¹² M.B. Albert (1998), citado en Evenson, 1991.

o de actividades de ensayo o error. A diferencia del enfoque de invención standard que analiza la invención como fenómeno de un período simple o carrera individual,¹³ en el modelo de búsqueda de invención, la ID depende fuertemente de una secuencia, donde ocurre un proceso acumulativo. El descubrimiento en el período t depende de lo descubierto en el período $t-1$. En efecto, las invenciones potenciales en determinado campo tecnológico en el período 1 son resultado de investigaciones pasadas y de otros descubrimientos presentes. Así, la función implícita de la invención $f(X_1)$ está dada por un pasado histórico. Las invenciones por unidad de ID serán mayores en la medida en que la investigación y desarrollo sea conducida a lo largo de n períodos, que un solo período, lo cual repercute en la relación producto marginal y producto promedio. La ID óptima en el período 1 (R_1), estará determinada por la razón de los costos de invención y los beneficios. La invención marginal esperada se valorará en Z_1^* y al final del período 1 todas las invenciones son patentadas. El total de patentes será proporcional a $Z_1 - X_1$, que permite establecer un promedio de la relación patente/ID (Evenson, 1991).

Pese al aprendizaje acumulado de un período a otro, las funciones de innovación están sujetas a rendimientos decrecientes en la actividad inventiva específica, a menos que ocurra un proceso de recarga exógeno, proveniente de innovaciones de un campo relacionado o avances en las ciencias básicas. Por ejemplo, las invenciones en nuevos materiales recargan la función de invención de las telecomunicaciones; las funciones de invención en biotecnología son recargadas por descubrimientos científicos. Así, la potencialidad constante de la ID en el tiempo conlleva implícitamente tasas de recarga en todos los campos tecnológicos en el tiempo (*ibid.*). La función de invención potencial en el período 2 $f(X_2)$ está determinada por dos factores: i) la experiencia de la invención del período 1 y ii) la recarga de otras fuentes. La ID (R_2) se incrementa en una mayor proporción y también Z_2^* . En el supuesto que estas invenciones

¹³ Nordhaus (1973) y Wright (1985), citados en R.E. Evenson, 1991.

también se patenten, se establece otro nivel de relación patente/ID. Este proceso secuencial ocurre en los períodos posteriores con niveles de invención mayores. El agotamiento del proceso de invención ocurrirá en caso de no haber recarga. Es entonces cuando la razón patente/ID declinará en el tiempo.

En el análisis de la propensión a patentar y la potencialidad de la invención en el tiempo también están implícitos los enfoques *demand pull* y *technology push*. La propensión a patentar está influida por factores de demanda, el tamaño del mercado, asociado al tipo de industria. A nivel de los países, el factor institucional, expresado en los sistemas de propiedad intelectual, en términos de costos/beneficios, es un factor decisivo. En el análisis de la potencialidad de la innovación, las patentes del año anterior son esenciales y, además, se reconoce que la dinámica propia de los conocimientos científicos genera oportunidades tecnológicas para la innovación y, en consecuencia, evita la tendencia de rendimientos decrecientes de ésta. La reflexión sobre la dinámica que se establece entre la ID y las patentes sirve de sustento teórico a esta investigación empírica. En esta investigación interesa determinar en qué medida estos indicadores del nivel tecnológico potencian la tasa de innovación, la cual, aunada a inversión de capital (transferencia tecnológica) y productividad, permite explicar las tendencias convergentes o divergentes en el nivel tecnológico y, por tanto, en el crecimiento en la industria farmacéutica.

LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

La industria farmacéutica tiene un peso importante en los países por su impacto en el sector salud. El desempeño de la farmacéutica y su capacidad de resolver los problemas de salud están fuertemente vinculados a su capacidad innovativa o su estrategia imitativa. La farmacéutica es una industria caracterizada por ser intensiva en ID y por las políticas de protección industrial y de regulación comercial.

La industria farmacéutica requiere de elevadas capacidades tecnológicas para las fases de descubrimiento (investigación) y de desarrollo. El des-

cubrimiento depende de la integración compleja del conocimiento científico de un amplio espectro de disciplinas. A su vez, el desarrollo complementario de la primera fase necesita de habilidades administrativas que coordinen funciones de negocio, la clasificación, la formulación de producto y el desarrollo del producto (Spilker, 1989). Ambas exigen gasto en investigación y desarrollo (GID) y, asimismo, una estricta vigilancia gubernamental por su impacto en la salud.

El proceso de descubrimiento de medicamentos es resultado de oportunidades tecnológicas vinculadas a enormes montos de inversión en investigación, aunque no se garantiza el éxito en la obtención de moléculas. En la fase de desarrollo la inversión se orienta a garantizar que la molécula destinada para consumo humano, posea características terapéuticas adecuadas y sea segura.

Las brechas tecnológicas entre países industrializados y en desarrollo se hacen más evidentes en industrias como la farmacéutica por los enormes diferenciales en el gasto del ID como porcentaje del PIB del sector y de las patentes per cápita. La tendencia divergente se manifiesta, como se ha señalado anteriormente, cuando se carece de capacidades sociales, se registra baja tasa de transferencia tecnológica y un reducido PIB per cápita. Esta tendencia se acentúa con las políticas de protección intelectual fuerte, en especial el alargamiento en la duración de las patentes. Si bien es cierto que los países industrializados de donde son originarias las grandes firmas farmacéuticas se benefician ampliamente al garantizar recuperar sus inversiones e incentivar la invención, para los países más atrasados significa una barrera a la entrada a su actividad imitativa debido al alto costo que representan las patentes.

El país que innova realiza un gasto elevado y sistemático en ID, y el país que imita requiere cierta base científica para el éxito de la imitación (Freeman, 1982). Sin embargo, el país que innova registra una regular actividad de patentamiento, no así el país que imita.

El patentamiento es una estrategia de apropiación que depende de su efectividad de desplazar imitadores alterando los costos de la producción

imitativa. Por un lado facilitan la persecución imponiendo importantes costos de litigio, por otro aumentan los costos de la ID; después los imitadores deben inventar alrededor de las patentes y diferenciar los productos a fin de competir legalmente. Las medicinas son relativamente fáciles de imitar bajo un sistema de patentes laxo. Contrariamente al largo período (de ocho a diez años) de desarrollo para innovar una nueva molécula, a los imitadores les lleva de tres a cuatro años hacer ingeniería a la inversa, desarrollar e introducir el producto.

La fácil imitación ha contribuido en cierto modo a reducir las tasas de retorno de la ID y el ritmo de la innovación. La presión por incrementar la duración de las patentes obedece no sólo a lo anterior, sino al hecho de que los cambios institucionales y competitivos ocurridos en el mercado farmacéutico han contribuido, por un lado, a reducir la vida efectiva de las patentes (provocando disminuciones en las tasas de retorno de la ID e incrementando los costos de amortización del capital) y, por el otro, a intensificar la competencia de genéricos.

El análisis de las brechas tecnológicas y de innovación entre países industrializados y en desarrollo permitirá dimensionar los niveles relativos de crecimiento, desarrollo tecnológico, e innovación con respecto a los países líderes o países en desarrollo.

METODOLOGÍA

El estudio de brechas tecnológicas en la industria farmacéutica es un análisis de largo plazo durante el período 1978-2000. Se consideran dos bloques de países, el primero de industrializados, caracterizados por una industria farmacéutica sofisticada, con importantes niveles de gasto en ID, relativa homogeneidad en los sistemas de propiedad intelectual y significativa actividad de patentamiento. El segundo, de países en desarrollo identificados como países con capacidades imitativas fuertes, niveles diferenciados de PIB per cápita, ID y regulaciones de propiedad intelectual y donde cada uno ha introducido al menos una nueva molécula. Los países industrializados seleccionados son: Estados Unidos, Japón, Canadá, Ale-

mania, Francia, y Reino Unido, estos tres últimos de la Unión Europea. Los países en desarrollo considerados son: México, Corea del Sur e India.

Datos y fuentes

Indicadores de innovación

Uno de los problemas a los que se enfrentan las investigaciones sobre innovación es la carencia de series de largo plazo de GID, especialmente para países en desarrollo a nivel de industria y ramas. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha realizado un esfuerzo para sistematizar las series de GID de países industrializados; sin embargo, la información, que data desde finales de los años setenta, no es completa para todos los países e incluso se carece de ella. Tal es el caso de México, que pertenece a la OCDE aunque es un país en desarrollo. Para esta investigación los datos de GID en la industria farmacéutica por países industrializados se obtuvieron de la base de datos de la OCDE, *Research and Development Expenditure Industry* (2000). En virtud de la ausencia de estos mismos datos para los países en desarrollo, el GID de la industria farmacéutica de México se estimó con base en la Enestyc e INEGI-Conacyt. Respecto a Corea del Sur se consideró el gasto total en ciencia y tecnología (proporcionado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología) y el porcentaje promedio destinado al sector medicinas, precisión, medición e instrumentos exactos. Para la India el cálculo se basó en los datos proporcionados por la Organisation of Scientific of India.

En lo concerniente a las patentes, se cuenta con registros históricos, consistentes y sistemáticos en varios países, que se remontan a finales del siglo XIX en algunos países europeos y Estados Unidos. Estos registros permiten conocer las patentes concedidas a residentes, no residentes y las aplicaciones. Algunos estudios de patentamiento entre países señalan que las diferentes regulaciones dificultan la comparación, por lo que proponen la consulta de un mercado común como la United States Patent and

Trademark Office (USPTO) (Soete, 1981). Otros estudios prefieren consultar las patentes de no residentes en el mercado mundial registrado en el World Intellectual Property Organisation (WIPO) debido a que en éste se contabilizan las concesiones de patentes del país x en todos los países con excepción del país x . Este nivel de patentes externo puede correlacionarse con el nivel de sus exportaciones (Fagerber, 1987).

En este estudio se optó por el criterio de un mercado común. La información anual de patentes concedidas a cada país en Estados Unidos se obtuvo de la base de datos de la USPTO. La búsqueda se realizó tomando como base la clase 514 que corresponde a medicamentos y compuestos para el tratamiento de bioafecciones y del cuerpo de la clasificación de la USPTO y del *Manual de Patentes* de la OCDE. Se consulta la USPTO por el volumen de información sistematizada que posee, ello vinculado a la importancia que tiene Estados Unidos en la competencia tecnológica.

Otros indicadores

El PIB per cápita nacional se calculó con base en el PIB y la población de cada país. Los datos del PIB de cada país en su moneda nacional provienen de la *Stan Data Base* de la OCDE de varios años, con excepción de la India. Para este último país se consultó el *Anuario Estadístico Nacional* de ese país. El PIB a precios corrientes se deflactó con base en precios de 1990=100. La conversión a dólares se realizó a través de la paridad de poder adquisitivo (PPA) de cada país en relación con Estados Unidos a precios de 1990 con base en las *Estadísticas Financieras Internacionales* de 1978 a 2002. La población de cada país se obtuvo de las *Estadísticas Anuales de Población* de la Organización de Naciones Unidas (ONU), varios años.

Los datos de la formación bruta del capital fijo en la industria farmacéutica a precios corrientes en moneda nacional provienen de la *Stan Data Base* de la OCDE, varios años, y del *Anuario Estadístico Industrial* de la ONU, varios años. Las series se deflactaron a precios de 1990=100 de cada país. La conversión a dólares se hizo con base en la PPA a precios de 1990 cuya fuente son las *Estadísticas Financieras Internacionales*, varios años.

El estudio de la dinámica de innovación por la retroalimentación entre GID y las patentes en la industria farmacéutica se inicia con la estimación de dos índices de desarrollo tecnológico: uno basado en el registro de patentes y el otro correspondiente a la intensidad del gasto en ID.

El índice tecnológico basado en las estadísticas de patentes se construyó normalizando el nivel de patentes de la farmacéutica en función del tamaño del país por su población en millones de habitantes, que en otros términos es la habilidad inventiva del país, y su coeficiente exportador. Así, se consideran las patentes del sector per cápita y los coeficientes de exportación de la industria farmacéutica de cada país.

El índice basado en el GID se estimó a partir de los gastos en ID en la farmacéutica como porcentaje del PIB del sector. Finalmente se calculó la relación entre ambos indicadores, y la relación de cada índice con el nivel de desarrollo económico (expresado por el PIB per cápita a precios de 1990), a través del coeficiente de correlación de Spearman. La periodización corresponde a reformas en las leyes de propiedad intelectual en el marco del Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) y en la Organización Mundial del Comercio (OMC); el valor de cada intervalo se obtuvo a través de calcular la media aritmética.

Posteriormente se procede a analizar la dinámica tecnológica a escala del país y de panel de países. Primero se evalúa el impacto que tiene el GID en la escala de patentes y viceversa, en cada país, aplicando mínimos cuadrados ordinarios. En seguida, se valida tal relación a escala de panel, aplicando la metodología de panel de series de tiempo y corte seccional para el conjunto de países. Finalmente, se evalúa el impacto de los factores de oferta (patentes del período anterior) y demanda (PIB per cápita nacional y la formación bruta de capital fijo de la industria farmacéutica con respecto al PIB de esa misma industria) en el comportamiento de las patentes y el GID, y con ello se determina la posición que tiene la industria farmacéutica de cada país, de acuerdo a su desempeño tecnológico.

Una seria limitación del estudio es el tamaño de las series disponibles (22 observaciones para cada país), lo que reduce la posibilidad de tener

una estimación económica estable. Convendría contar al menos con una muestra igual a 60 datos.

Los resultados obtenidos de los modelos propuestos presentan: i) el tamaño de la muestra (n);¹⁴ ii) el valor estimado del parámetro y entre paréntesis la desviación estándar (SD);¹⁵ iii) el valor de los estadísticos: Akaike, Schwarz y F,¹⁶ y iv) los estadísticos de autocorrelación: Durbín Watson (DW) y el Ljung-Box.¹⁷ Se omiten los valores de R^2 y de R^2_a , por ser mediciones que no poseen confiabilidad (Pierce, 1979). Se utiliza el paquete Eviews que incorpora las rutinas necesarias para las estimaciones.

LA EVIDENCIA EMPÍRICA

Relación entre gasto en investigación y desarrollo y patentes de la industria farmacéutica

La validación de las patentes y del GID como indicador de resultado y de insumo del proceso de innovación, respectivamente, se ha hecho a través

¹⁴ Una muestra pequeña (menor a 60 observaciones) proporciona estimaciones inestables: presencia de autocorrelación y el estadístico t es muy pequeño.

¹⁵ El valor del estadístico t se obtiene a partir de dividir el valor estimado del parámetro entre la desviación estándar.

¹⁶ La parsimonia significa minimizar la posibilidad de incluir parámetros que carecen de poder explicativo en el modelo, es decir, evita la sobre parametrización. En la medida que se minimiza el valor de los estadísticos de Akaike y Schwarz, se garantiza la parsimonia, evitándose así la reducción del número de parámetros involucrados, todos ellos necesarios para explicar el comportamiento del fenómeno. El estadístico F evalúa en forma conjunta los parámetros estimados a fin de detectar si son nulos o no.

¹⁷ Los residuales del modelo deben ser mutuamente independientes, es decir no debe existir autocorrelación. La prueba de verificación de este supuesto se hace con base en el estadístico DW, si $DW \approx 2$ entonces se rechaza la hipótesis de la autocorrelación. La prueba conjunta de este supuesto se hace con el estadístico Ljung-Box con k rezagos, que sigue una distribución Ji-cuadrada con k grados de libertad, el valor de k es el recomendado por Box-Jenkins ($k=T/4$, es decir de 25% del tamaño de la muestra). En este ejercicio, se aplicó $k=5$, con 5 y 2.5 puntos porcentuales para la distribución Ji-cuadrada, obteniendo valor de tablas $\chi_{\alpha=5\%}^2(5)=11.0705$ y de $\chi_{\alpha=2.5\%}^2$

de diferentes estudios empíricos.¹⁸ En general, los resultados han demostrado que existe correlación entre el número de patentes obtenidas y el GID. En estos estudios se detectó que la estimación de patentes posee un componente de ruido que no es explicado por el nivel de GID, sino por las variaciones en el interior de la industria y del sistema de patentes. Asimismo influyen las diferencias en los factores de oferta y demanda, que afectan indirectamente el GID y, en consecuencia, el nivel de patentes.

Una misma patente puede ser utilizada por diferentes agentes, sea por licencia de uso o por imitación. Este efecto multiplicador dependerá de la eficiencia del sistema de patentes para promover o bloquear la revelación del conocimiento.¹⁹

Respecto a la validación de la patente como insumo para alentar el GID, los estudios realizados parten del supuesto de que la patente sólo cambia como respuesta a las oportunidades tecnológicas, de cuya dificultad dependerá el nivel de GID exigido (causalidad en el sentido de Granger, 1969). Bajo este enfoque se han realizado diferentes estudios empíricos, pero los resultados no son concluyentes.²⁰

En este estudio se reconoce la interacción que se establece entre GID y patentes, y su relación con el PIB per cápita nacional. La intención de construir índices de nivel tecnológico, con base en patentes y en GID de la industria farmacéutica, es validar tal relación y analizar el impacto que ha tenido en las brechas tecnológicas.

Los índices tecnológicos de los países seleccionados, uno basado en el nivel de patentes y el otro en el GID, en tres períodos permiten evaluar la magnitud de las brechas tecnológicas que existen entre países industrializados y en desarrollo (cuadros 1 y 2). El primer período abarca de 1978

(5)=12.8325, si el valor del estadístico es menor al valor en tablas entonces los residuales son mutuamente independientes.

¹⁸ Véase, Schmoockler, 1966; Scherer, 1965 y 1983; Bound *et al.*, 1986; Pakes y Grilliches, 1984.

¹⁹ Véase, Grilliches, 1984, 1990; Levin, Klevorick, Nelson y Winter, 1987.

²⁰ Grilliches, 1981; Hall, Grilliches y Hausman, 1986; Grilliches, Hall y Pakes, 1990.

a 1982; el segundo corresponde a 1983-1991, y el tercero comprende de 1992 a 2000.

El índice tecnológico basado en las patentes revela lo siguiente:

- i) Entre países industrializados existen diferenciales importantes en el nivel de patentes. Por un lado, se ubican Estados Unidos y Japón y, por el otro, los países europeos y Canadá
- ii) Pese a que Estados Unidos mantiene un amplio liderazgo en el patentamiento en la industria farmacéutica sobre los demás países industrializados durante todo el período en estudio, en el índice basado en patentes es superado por Japón debido a la ponderación que se hace con el coeficiente de exportación;²¹ el bajo coeficiente de exportación de Japón contrasta con el elevado de Estados Unidos. Pero además, el ritmo de crecimiento de patentes ha sido más dinámico en Japón que en Estados Unidos; así, la tasa de crecimiento promedio anual de patentes entre 1978 y 2000 en Estados Unidos es de 4.3% y en Japón de 8.5% (gráfica 1). De acuerdo a los dos subperíodos considerados, Japón se sitúa por encima de Estados Unidos. Aunque durante el último período (1992-2000) el esfuerzo inventivo de la farmacéutica estadounidense manifiesta un crecimiento importante, pero no así en el caso de la japonesa. Es muy probable que las reformas a la propiedad intelectual con base en los Trips aprobados en el seno de la Organización Mundial del Comercio hayan impulsado a las firmas farmacéuticas estadounidenses a incrementar sus invenciones y patentarlas y al mismo tiempo, inhibir la imitación en otros países
- iii) Francia y Alemania registran un nivel tecnológico basado en patentes más homogéneo pero muy inferior al de Estados Unidos.²² Canadá reporta un crecimiento sustantivo en el indicador de patentes en los dos últimos períodos, logrando superar a los dos países europeos, aunque no en términos absolutos de patentes. En el extremo se encuentra el Reino Unido con un nivel decreciente en el índice tecnológico basado en patentes. Aunque en

²¹ Estados Unidos ha obtenido la mayor concesión de patentes de la clase 514 (medicamentos y compuestos para el tratamientos de bioafecciones y del cuerpo) del USPTO; entre 1978 y 2000 Estados Unidos ha registrado 31 590 patentes, en tanto Japón, el más cercano seguidor, cuenta con 8 097 durante el mismo período.

²² Alemania ha obtenido la concesión de 5 939 patentes en la clase 514 del USPTO, de 1978 a 2000; por su parte, a Francia le han sido concedidas 3 832.

términos absolutos este último país muestra un crecimiento significativo de patentes (12.2% anual); con 20 patentes en 1992 a 253 patentes en 2000, logrando con ello un nivel similar al de Francia (gráfica 2)

- iv) La actividad inventiva de los tres países en desarrollo es nula en el primer período, y se expresa de manera incipiente en el segundo período en México y Corea. Los diferenciales entre estos países se expresan en el tercer período en el que Corea del Sur despega de manera sorprendente, mientras que México se mantiene estancado e India inicia de manera marginal. Al contrastar el número absoluto de patentes entre estos tres países en desarrollo se puede apreciar el rezago de México que desde finales de los noventa fue superado ampliamente por Corea del Sur; en 2000 Corea registró 33 patentes y México 1. Durante todo el período India, México y Corea obtienen la concesión de 51, 12 y 159 patentes en la clase 514 en el USPTO, respectivamente (gráfica 3)

Del índice tecnológico basado en la intensidad de gasto en ID se desprenden las siguientes observaciones:

- i) Los niveles de la intensidad en GID en relación con el PIB del sector farmacéutico entre países industrializados son más homogéneos
- ii) Contrariamente al indicador basado en patentes, el Reino Unido supera a los demás países industrializados en la intensidad de ID en los tres períodos. En todos los países se registra un crecimiento muy dinámico de la ID, en especial en los dos países de América del Norte y Japón (gráfica 1)
- iii) El índice tecnológico basado en la intensidad de gasto en ID en los tres países en desarrollo coincide con lo expresado en el índice basado en patentes. Corea logra un crecimiento exponencial (18.3%) durante el último período; en India este indicador es creciente y México muestra un estancamiento (gráfica 3)
- iv) El cuadro 3 presenta el coeficiente de correlación de ambos índices de nivel tecnológico y el de cada índice con el nivel de desarrollo económico (expresado por el PIB per cápita nacional a precios de 1990). Los resultados obtenidos demuestran que los índices tecnológicos están estrechamente relacionados de forma positiva (0.9999), y esta tendencia se mantiene durante los tres períodos. Respecto a la relación entre cada índice y el desarrollo económico, en ambos casos, existe correlación positiva significativa, aunque no tan fuerte como la primera. De hecho, en ambos casos son cercanos al valor de 1

En resumen, la evidencia empírica muestra que existe retroalimentación entre el GID y el nivel de patentes. Ambos son determinantes en el nivel de la brecha tecnológica y están estrechamente relacionados con el desarrollo económico. A continuación se evalúa el impacto y la retroalimentación entre las variables de interés.

El impacto entre gasto en investigación y desarrollo y patentes de la industria farmacéutica por países

La tasa de crecimiento del GID impacta de forma positiva a la tasa de crecimiento de patentes de la industria farmacéutica del país i en el período t , esto es, se espera que la estimación indique que $c(1)_i > 0$. La validación de este supuesto se hace aplicando el siguiente modelo:

$$t\text{pat}_i = c(1)_i * \text{tgid}_i + e_i \quad [1]$$

donde:

$t\text{pat}_i$ = tasa de crecimiento de patentes del país i en el período t
 tgid_i = tasa de crecimiento del GID del país i en el período t
 e_i = el término de error para el país i en el período t

El cuadro 4 muestra el grado en el que la tasa de crecimiento del GID explica la tasa de crecimiento en las patentes en la industria farmacéutica. Los valores positivos del coeficiente de la variable tgid_i demuestran que la especificación del modelo es la correcta. Es decir, el GID impulsa la creación de patentes, excepto en el caso de Alemania. Es muy probable que la reducción drástica en el GID y en el nivel patentes registrada en Alemania de 1993 a 1996 esté asociada al proceso de reunificación de las dos Alemanias. Destacan los casos de Estados Unidos y Japón porque si bien el parámetro estimado es del signo esperado, su valor es pequeño y poco significativo. Lo anterior indica saturación, que significa que aun cuando existe GID el nivel de patentes no crece al mismo ritmo (gráfica 3).

En los países en desarrollo se observan dos tendencias asociadas al dinamismo del GID del sector farmacéutico y que se reflejan en el nivel de patentes. Por un lado, India y México con un lento crecimiento del GID en la industria farmacéutica (e incluso negativo para México desde 1992) y un magro crecimiento en patentes, sobre todo México. Por el otro, Corea del Sur con un crecimiento exponencial del GID (18.3% promedio anual durante todo el período) que se acompaña de un importante crecimiento de patentes, especialmente desde los años noventa. Estos diferenciales son significativos si se considera que al inicio del período en estudio México duplicaba el GID de Corea del Sur, pero muy pronto este último país no sólo superó a México sino que logró tasas de crecimiento superiores a las de los países industrializados.

Otras diferencias en la dinámica de la ID y patentes entre estos países esta asociada a los sistemas de propiedad intelectual adoptados. Mientras en India y México se sostuvo un sistema de propiedad intelectual laxo (hasta las recientes reformas de los años noventa), en Corea del Sur se fortaleció el sistema de protección intelectual desde los años ochenta. El GID de la industria farmacéutica en India se ha destinado a la imitación, fomentada por la existencia de un sistema de propiedad intelectual débil, que no sanciona la copia de la patente sino, al contrario, la estimula. En el caso de México, el resultado muestra que el GID paga con creces la creación de patentes (1% de crecimiento del GID repercute 2.42% en la creación de patentes), lo que refleja una situación favorable para promover el flujo de GID y, por consecuencia, la tasa de crecimiento de las patentes.

Respecto a la validación de las patentes como insumo para el proceso de innovación que impulsa el GID, se propone el siguiente modelo:

$$\Delta \text{gid}_{it} = c(1)_i + c(2)_i * \text{pat}_{it} + e_{it} \quad [2]$$

donde:

Δgid_{it} = incremento del GID del país i en el período t

pat_{it} = número de patentes en el país i durante el período t

e_{it} = el término de error para el país i en el período t

En el cuadro 5 se presenta el efecto de las patentes en el incremento del GID en la industria farmacéutica de cada país. El parámetro estimado $c(2)$ tiene el signo positivo, conforme a la teoría, excepto en el caso del Reino Unido. Por lo que generalmente, las patentes impulsan incrementos en el GID. No obstante, la relación es estadísticamente débil para Estados Unidos, Reino Unido y México, y la DW de India es pésima. Recuérdese que se trabaja con muestras chicas.

La creación de patentes en la farmacéutica de México impulsa al incremento del GID (1.099%), mayor al valor obtenido para los países desarrollados (excepto Alemania). Retomando el resultado anterior, se encuentra un círculo virtuoso: GID y patentes se retroalimentan mutuamente de forma importante, lo que contrasta con los resultados obtenidos en los países desarrollados. Por ejemplo, en Estados Unidos el impacto del nivel de patentes sobre el GID es menos que proporcional (0.107%), y estadísticamente poco significativo, en cambio México es un país que premia fuertemente la relación entre patentes y GID. Éste puede ser un incentivo a la inversión extranjera. Sin embargo, no se debe perder de vista la posición desfavorable de la que parte ($c(1)=-2.724$). Si las patentes son cero entonces el nivel del GID cae a una posición negativa (-2.724). Es decir, la falta de patentes conlleva desinversión en la innovación.

Este resultado acentúa la importancia de que los países cuenten con capacidades sociales que les permitan aprovechar tales círculos virtuosos, transitando de la fase imitativa a la fase de innovación endógena. En la industria farmacéutica de los países en desarrollo se ha detectado una tendencia creciente a encaminar esfuerzos hacia la producción de genéricos más que a la búsqueda de nuevas moléculas.

En el análisis por país, los resultados han mostrado que el comportamiento del GID y las patentes en los países en desarrollo no es concluyente. Algunos estudios explican que esta situación es consecuencia de la carencia de capacidades tecnológicas que les permitan poseer una base mínima de conocimientos, convirtiéndose en consumidores netos de la tecnología de los países industrializados (Dutrenit, 2000).

Entre la farmacéutica de países desarrollados y en desarrollo existen asimetrías en las capacidades tecnológicas y en la estructura institucional de regulación (Combe y Zúñiga, 2001). El rezago relativo es difícil de superar toda vez que los países en desarrollo, más que destinar recursos a *RD* para generar nuevas tecnologías, los orientan para el pago de derechos de uso de tecnologías extranjeras, y rara vez son superadas por las tecnologías nacionales.

El desarrollo tecnológico de la industria farmacéutica de los países desarrollados se remonta al siglo XIX. Sus grandes multinacionales poseen actualmente amplias capacidades tecnológicas de creación y desarrollo que se retroalimentan en el contexto de sistemas nacionales de innovación que favorecen el flujo de recursos a la *RD* y aseguran la protección mediante legislaciones de patentes. Su predominio tecnológico mundial se refleja en su capacidad innovativa. En efecto, durante el período de 1960 a 1988 estos países generaron 90% de las drogas con aplicación terapéutica (Ballance *et al.*, 1992).

En contraste, la farmacéutica del grupo de los países en desarrollo es más reciente. Esta industria local, iniciada entre los años sesenta y setenta, basó su crecimiento esencialmente en la imitación de las patentes de las transnacionales de fármacos, aprovechando un marco regulatorio débil de propiedad intelectual. Así, las industrias farmacéuticas locales de estos países se especializaron en la fabricación de similares y genéricos. Este tipo de desarrollo tuvo sus límites con las reformas hechas a las leyes de propiedad intelectual durante los años ochenta, promovidas por las firmas farmacéuticas transnacionales en el marco del GATT y la OMC. Sin embargo, estas reformas tuvieron un impacto diferenciado en los países en desarrollo debido a que éstas no fueron introducidas con la misma velocidad ni severidad. Pero además, el impacto está asociado a las diferencias de capacidades sociales acumuladas entre países que inhiben o incentivan las capacidades de innovación en un nuevo entorno de derechos de protección intelectual (DPI). La estrategia pasiva de México e India en términos de su actividad inventiva, soportada por un débil *GD*, contrasta con la estrategia ofensiva de Corea que incrementa exponencial-

mente tanto su nivel de ID como su nivel de patentes desde finales de los ochenta.

Gasto en investigación y desarrollo y patentes de la industria farmacéutica en el panel de países

El análisis previo se realizó por país individualmente, pero la convergencia depende de que los países en desarrollo alcancen los niveles de actividad de innovación del país o países líderes (Fagerberg, 1987). Por tanto, se considera necesario un análisis de panel de los países seleccionados, tal que se estime la relación de las variables en un punto del tiempo específico en combinación con los cambios de las variables a través del tiempo en el conjunto de los países seleccionados. El modelo de panel contiene las mismas variables: GID y patentes con la misma muestra.

Considerando que las patentes son un insumo para generar otras patentes, en virtud del conocimiento que se revela al ser publicadas, se propone un modelo para determinar el nivel de patentes en el panel de países:

$$PAT_{it} = c(1) + c(2)* PAT_{i,t-1} + e_{it} \quad [3]$$

donde:

PAT_{it} = matriz que contiene las patentes del país i en el período t

$PAT_{i,t-1}$ = matriz de las patentes rezagadas de los países i en el período $t-1$

e_{it} = matriz de los errores de los países i en el período t

Para generar una visión en conjunto se especifica de modo que la constante $c(1)$ y el coeficiente $c(2)$ son iguales para todos los países.

Los resultados del cuadro 6 sugieren que el nivel de patentes tiene un comportamiento de paseo aleatorio, dado que se acepta la hipótesis nula ($c(2) \approx 1$) lo cual significa que: la trayectoria de las patentes no se puede anticipar. Este resultado confirma la existencia de incertidumbre en los procesos de innovación, y pareciera ser que pierde importancia la aplicación del GID como insumo para obtener innovaciones.

Lo anterior, ¿significa que la existencia de GID no implica la generación de patentes? De ser así, entonces el GID como factor clave para el desarrollo tecnológico en los países en desarrollo podría no dar el resultado esperado, incluso en un país desarrollado.²³ A este respecto, la evidencia empírica ha demostrado que la patente es un cambio en la frontera de producción, lo que implica un aumento en las oportunidades tecnológicas y, por tanto, en la complejidad del conocimiento. En consecuencia, es necesario elevar los montos destinados a ID tanto para la creación como para el aprovechamiento del conocimiento propio o externo. En tal caso, el GID sí afectaría la creación de patentes.

La estimación del impacto del GID en el nivel de patentes en el panel de países seleccionados, se lleva a cabo a través del siguiente modelo:

$$\Delta PAT_{it} = c(1) + c(2) * GID_{it} + e_{it} \quad [4]$$

donde:

ΔPAT_{it} = matriz que contiene los incrementos de las patentes de los países i en el período t

GID_{it} = matriz de GID de los países i en el período t

e_{it} = matriz de los errores de los países i en el período t

En el modelo se propone que la constante $c(1)$ y el coeficiente $c(2)$, sean iguales para todos los países.

²³ Diferentes estudios han mostrado que aun cuando los esfuerzos en innovación han mantenido una tasa creciente (GID), la productividad ha caído lentamente e incluso el nivel de patentes ha declinado. Véase, Baily y Chakrabarti, *Innovation and the Productivity Crisis*, Brookings, 1988; R. Evenson, "International Invention: Implicaciones for the Technology Market Analysis", en Z. Grilliches (ed.), *R&D, Patents, and Productivity*, Universidad de Chicago, 1984, pp. 89-123; y Evenson y Hanazaki, *R&D, Innovation, and the Total Factor Productivity Slowdown*, OCDE, Economics Studies, núm. 11, otoño 1988, pp. 7-42.

El cuadro 7 muestra, a nivel de panel, que el incremento en el nivel de patentes sí puede ser explicado por el GID. Pero el efecto del GID en el incremento en las patentes es menos que proporcional (0.0102), es decir que el crecimiento de la tasa en GID sólo tendrá un efecto pequeño en el incremento de patentes; pero el efecto es innegable, si se calcula el estadístico t ($t=c(2)/SD=0.0104/0.0019=5.2152$), el resultado contundentemente rechaza la hipótesis de que $c(2)$ sea igual a cero.

Entonces, no es que el nivel de patentes no pueda ser explicado por el GID, sino que el rendimiento de la ID es decreciente.²⁴ Estudios empíricos han demostrado que este resultado es relativo. El número de patentes obtenidas no sólo es consecuencia de la productividad de la ID, también depende del tipo de industria, las legislaciones que se apliquen, la estructura institucional de los derechos de propiedad intelectual del país del que se trate e incluso del nivel de avance de la ID que hace más complejo el proceso de innovación.²⁵

Con base en lo anterior, se desprende que el número de patentes obtenidas depende de diversos factores, y no necesariamente son un reflejo de un declive tecnológico.²⁶

Este hecho es particularmente importante en la industria farmacéutica, pues dada la complejidad que tiene el proceso de innovación se requiere de una fuerte inversión en ID y no siempre se garantiza el éxito en la obtención de moléculas.²⁷ Además, este sector requiere de un marco

²⁴ Otros estudios realizados, en el mismo sentido, han encontrado que el incremento en el GID tiene un impacto pequeño en la actividad inventiva medida por patentes (Mansfield, 1964; Levin *et al.*, 1987; Aboites y Soria, 1999).

²⁵ Véase, Wyatt, 1986; Mansfield, 1986; Levin, Klevorick, Nelson y Winter, 1987; Gallini, 2002.

²⁶ Por ejemplo, Grilliches (1989) demostró que la caída en el nivel de patentes en Estados Unidos durante el período 1954-1987, se debió a los cambios burocráticos y no a la presencia de rendimientos decrecientes en su ID, la cual se ha mantenido con tasas crecientes.

²⁷ El costo de una molécula en Estados Unidos llegó a ser de \$125 millones de dólares estadounidenses y recientemente se ha calculado un costo de hasta \$500 millones de

institucional de propiedad intelectual fuerte que permita la apropiación de los beneficios, dada la facilidad de imitación de sus productos.²⁸ Pero, por otra parte, la regulación en pruebas para medicamentos y en precios eleva las dificultades que enfrenta esta industria para patentar, particularmente en los países en desarrollo.

Respecto al papel de la patente como insumo para el proceso de innovación, se propone el siguiente modelo:

$$\Delta \text{GID}_{it} = c(1) + c(2) * \text{PAT}_{it} + e_{it} \quad [5]$$

donde:

ΔGID_{it} = matriz que contiene los incrementos en el GID de los países i en el período t

PAT_{it} = matriz de patentes de los países i en el período t

e_{it} = matriz de los errores de los países i en el período t

Se supone que la constante $c(1)$, y el coeficiente $c(2)$, son iguales para todos los países.

El estudio de panel de los países seleccionados (cuadro 8) demostró que las patentes existentes impulsan incrementos en el GID. Adviértase que el estadístico t ($t=c(2)/\text{SD}=0.5429/0.0485=11.1879$) rechaza categóricamente la hipótesis de que $c(2)$ sea igual a cero, lo que claramente fortalece la noción de un círculo virtuoso entre GID y PAT. De hecho, análisis empíricos han dado evidencia de que la diseminación del conocimiento, a través de

dólares (Pharma, Annual Survey, 2000). También se ha encontrado que de mil componentes probados en laboratorio y animales, menos de 10 son introducidos en humanos, y de esos sólo 20% son finalmente aprobados (Sheck *et al.*, *Success Rates in the US Drug Development System*, Clinical Pharmacology and Therapeutics, vol. 36, núm. 5, 1984, pp. 574-583).

²⁸ Una patente de droga se puede imitar aproximadamente en un período de 3 a 4 años (Lanjow, 1998).

patentes, es un insumo importante para la actividad de innovación, cuyo aprovechamiento depende del nivel de GID.²⁹

Sin embargo, aun cuando los resultados obtenidos confirmen que la existencia del círculo virtuoso entre GID y PAT no significa que todos los países tengan la misma posibilidad de desarrollo, no es lo mismo conocer los desarrollos tecnológicos de los competidores que ser capaces de llevar a la práctica las innovaciones o más aun superarlas. El receptor del conocimiento derramado debe poseer capacidades tecnológicas, las cuales se desarrollan con el GID (Bell y Pavitt, 1992; Keller, 1996).

La farmacéutica mexicana refleja una posición favorable frente a países desarrollados y en desarrollo (cuadros 4 y 5). Sin embargo, el desarrollo de una industria local fuerte depende de la acumulación de capacidades tecnológicas que se beneficien del conocimiento propio y externo (Orsenigo, Pammolli, Riccaboni, 2001) asociado a un adecuado entorno institucional.

A fin de considerar la dinámica específica de cada país se propone el siguiente modelo en el que se distingue el efecto de las patentes de cada país en el incremento del GID:

$$\text{GID}_{kit} = c(1) + c(k) * \text{PAT}_{kit} + e_{kit}; k = 2, \dots, 10 \quad [6]$$

donde:

GID_{kit} = matriz que contiene los incrementos en el GID de los países i en el período t , con su propio coeficiente $c(k)$

PAT_{kit} = matriz de patentes de los países i en el período t , con su propio coeficiente $c(k)$

e_{kit} = matriz de los errores de los países i en el período t , con su propio coeficiente $c(k)$

$c(k)$ = vector de coeficientes, con k renglones, de la variable PAT_{kit}

²⁹ Para un análisis más detallado sobre los *spillovers* del conocimiento tecnológico consúltense: Grilliches, 1979 y 1990; Mansfield *et al.*, 1977; Jaffe, 1986; Adams, 2000, y Cohen, Goto, Nagata, Nelson y Walsh, 2001.

El modelo propone que el valor de la constante sea igual para todos los países $i[c(1)]$, tomando la muestra de los nueve países ($k=2,\dots,10$).

Se puede observar en el cuadro 9 que las patentes de los países en desarrollo impulsan en forma importante los incrementos en el GID, pero con escaso significado estadístico, lo que podría dar señales de desarticulación entre patentes y GID. Destaca México con el coeficiente más bajo de entre los países en desarrollo. En cambio, en los países desarrollados, las patentes impulsan los incrementos en GID de forma significativa, aunque el impacto es menos que proporcional. Es de esperarse que del total del conocimiento sólo se aproveche una parte.

En general, se observa que sólo una parte de la generación de patentes puede ser explicada a través de los incrementos en el GID. Es decir, se deben considerar aspectos exógenos a la actividad de innovación y no sólo el insumo principal. Asimismo, el nivel de GID se ve impulsado por las patentes ya existentes.

El impacto de los factores de oferta y demanda en el incremento del gasto en ID y patentes de la industria farmacéutica a nivel panel de países

El diferencial en el nivel tecnológico entre países desarrollados y en desarrollo hace necesario considerar variables explicativas que reflejen características más particulares de cada país. En este caso se consideran variables que reflejan factores de demanda: PIB per cápita nacional, representado por la matriz del PIB per cápita nacional (PERN) y la formación bruta del capital fijo de la industria farmacéutica con respecto al valor agregado del sector, expresado por la formación bruta de capital de la industria farmacéutica (FBCFIF); y la variable de oportunidad tecnológica: el conocimiento generado reflejado en las patentes del período anterior PAT_{t-1} .

Se asume en esta investigación que la FBCFIF del período anterior, en conjunto con el PERN y las PAT_{t-1} contribuye en forma positiva al crecimiento del GID, de forma particular a cada país en el conjunto de las

economías consideradas, explicando el diferencial tecnológico entre los países. Para validar este supuesto se propone el siguiente modelo:

$$\Delta \text{GID}_{kit} = c(1) + c(11) * \text{FBCFIF}_{ki,t-1} + c_1(k) * \text{PERN}_{kit} + c_2(k) * \text{PAT}_{ki,t-1} + e_{kit}; k=2,\dots,10 \quad [7]$$

donde:

ΔGID_{kit} = matriz que representa el incremento en el GID del país i en la industria farmacéutica en el período t y que ocupa la posición k en la industria

$\text{FBCFIF}_{ki,t-1}$ = matriz que representa la formación bruta del capital fijo con respecto al PIB del sector para el país i en el período $t-1$ y que ocupa la posición k en la industria farmacéutica. Se calcula el efecto conjunto en la economía [$c(11)$]

PERN_{kit} = matriz del PIB per cápita nacional en dólares de Estados Unidos por individuo a precios de 1990 del país i en el período t , con la posición k en la industria farmacéutica y con su propio coeficiente, $c_1(k)$

$\text{PAT}_{ki,t-1}$ = matriz de oportunidad tecnológica que refleja el conocimiento generado en el período anterior a través de las patentes de la industria farmacéutica otorgadas al país i en el período $t-1$ con posición k en el sector, y con su propio coeficiente, $c_2(k)$

e_{kit} = matriz de los errores del país i en el período t

Los resultados de la tabla 10, contrario a lo esperado, reflejan que la FBCFIF no afecta al crecimiento del GID, pues el valor del estadístico t ($t = -5.0388/6.7422 = -0.7473$) es pequeño. Ello implica aceptar la hipótesis nula (el parámetro es igual a cero), es decir, la presencia de capital fijo no motiva a una mayor inversión en investigación y desarrollo en la industria farmacéutica en el conjunto de la economía. En lo referente al PERN, éste se considera un reflejo de la capacidad de la sociedad para absorber el conocimiento, lo que a su vez exige mayor GID. No obstante, el resultado obtenido, aun cuando es del signo esperado (excepto para

Japón, Alemania y Estados Unidos), no es significativo: esta variable no contribuye al GID, el valor del estadístico t lleva a la aceptación de la hipótesis nula [$c_1(k)=0$]. Finalmente, el signo de $c_2(k)$ se espera sea de signo positivo, es decir, una ruptura científica, representada por una innovación (PAT_{t-1}), exige mayores esfuerzos de innovación (GID), que probablemente culminen en un invento. Los resultados señalan que efectivamente PAT_{t-1} tiene un efecto positivo en el GID, pero sólo es significativo para el caso de Japón, Alemania y Estados Unidos, países con alto nivel de patentes y en GID.

Estos resultados podrían ser consecuencia de considerar un panel para un conjunto de economías tan disímiles en la formación bruta de capital y el PIB per cápita. Tal vez convendría analizar por bloques de países e incluso excluir a Estados Unidos.

Tal como se ha constatado en los modelos anteriores, el nuevo conocimiento, reflejado en las patentes del período anterior (oportunidad tecnológica), es insumo para nuevas innovaciones. Respecto a factores de demanda, se considera que afectan significativamente al número de patentes,³⁰ en la medida en que un país con un crecimiento económico estable (PIB per cápita alto) tendrá mayor posibilidad de obtener resultados positivos de la actividad de innovación, que a su vez se verá impulsada por el aprendizaje obtenido del capital fijo—inversión privada bruta— (Griliches, *ibid.*; Levin, Klevorick, Nelson y Winter, *ibid.*). Se asume que las diferencias de estas variables en cada país contribuyen a explicar el diferencial tecnológico en el nivel de patentes de la industria farmacéu-

³⁰ Esta idea se conoce como la hipótesis de Schmookler. Véase, J. Schmookler, *Invention and Economic Growth*, Universidad de Harvard, 1966, pp. 28-30. Existen diferentes trabajos que apoyan o refutan la hipótesis de Schmookler, pero en realidad ninguno presenta resultados definitivos: M. Scherer, Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions, *American Economic Review*, vol. 55, December 1965; Stoneman, P, Patenting Activity: A Re-evaluation of the Influence of Demand Pressures, *Journal of Industrial Economics*, vol. 27, March 1997, pp. 385-401; Kleinknecht y Verspagen, *Is Innovation a Function of Demand? Schmookler Re-examined*, Netherlands Universidad de Limburg, 1988, entre otros.

tica de cada país. Para validar este supuesto se propone el siguiente modelo:

$$\Delta PAT_{kit} = c(1) + c(11) * FBCFIF_{ki,t-1} + c_1(k) * PERN_{kit} + c_2(k) * PAT_{ki,t-1} + e_{kit}; k = 2, \dots, 10 \quad [8]$$

donde:

ΔPAT_{kit} = matriz que representa el incremento en el nivel de patentes del país i para la industria farmacéutica en el período t y que ocupa la posición k en el sector

$FBCFIF_{ki,t-1}$ = matriz que representa la formación bruta del capital fijo con respecto al PIB del sector para el país i en el período $t-1$ y que ocupa la posición k en la industria farmacéutica. Se calcula el efecto conjunto en la economía [$c(11)$]

$PERN_{kit}$ = matriz del PIB per cápita nacional en dólares de Estados Unidos por individuo a precios de 1990 del país i en el período t , con la posición k en la industria farmacéutica y con su propio coeficiente, $c_1(k)$

$PAT_{ki,t-1}$ = matriz de oportunidad tecnológica, que refleja el conocimiento generado en el período anterior a través de las patentes de la industria farmacéutica otorgadas al país i en el período $t-1$ con posición k en el sector, y con su propio coeficiente, $c_2(k)$

e_{kit} = matriz de los errores del país i en el período t

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 11. Se puede observar que el coeficiente de la $FBCFIF$ [$c(11)$] no es estadísticamente significativo (el valor de t es muy pequeño, $t = -0.4349/1.5669 = -0.2775$). Por tanto, su contribución al incremento en el nivel de patentes es nulo. Por el contrario, el PIB per cápita nacional, conforme a la teoría, se relaciona de forma positiva en el nivel de patentes, aun cuando su contribución es pequeña; por ejemplo, en particular destaca que mientras para Estados Unidos el valor del coeficiente es muy pequeño ($c_1(10) = 0.0077$) para países en desarrollo, México e India, la contribución es mayor: 0.0132%

y 0.1524%, respectivamente. La contribución del PIB per cápita nacional en todos los casos es menos que proporcional. Además es estadísticamente significativo en todos los casos (el valor de t está alrededor de 1). Respecto a la contribución de la variable de oportunidad tecnológica (PAT_{t-1}) se puede observar que el coeficiente de relación no es significativo en países en desarrollo (México, India y Corea), es decir, el valor de t es muy pequeño ($t=c_2(k)/SD$), 0.1285, 0.0107 y -0.0918 , respectivamente. Esto puede estar asociado al bajo nivel de patentes en los países en desarrollo, por ejemplo para México sólo se tienen 13 patentes registradas en todo el período, y para India, 51 patentes. Contrariamente, el coeficiente de los países desarrollados es cercano a 1 ($c_2(k)\approx 1$), y además el valor del estadístico t , lleva a rechazar definitivamente la hipótesis de que el valor del coeficiente sea igual a cero.

Las diferencias detectadas en la dinámica de GID y patentes en la industria farmacéutica de países desarrollados y en desarrollo se vincula a la ausencia de innovaciones tecnológicas sustanciales en estos últimos. Un país en desarrollo depende básicamente de la transferencia exterior de tecnología y el aprovechamiento dependerá del nivel de aprendizaje que se logre.

CONCLUSIONES

En la farmacéutica las brechas tecnológicas entre países industrializados y países en desarrollo son enormes e influyen decisivamente en los importantes diferenciales de crecimiento y desempeño competitivo de esta industria. El liderazgo tecnológico y de innovación de Estados Unidos aquí es contundente. No obstante, otros países, en particular Japón, han desarrollado un gran esfuerzo en gasto en ID, superando las tasas de crecimiento de este indicador y de patentes del país líder y, con ello, se encaminan hacia un sendero de convergencia. Las brechas son aun mayores si se consideran a países en desarrollo, especialmente cuando los niveles de ID y de patentes son magros en relación con los países industrializados y, más aun, con respecto al país líder. El rezago tecnológico es más evidente en México que en la India. Otra tendencia se observa en

Corea del Sur, cuyo creciente esfuerzo en gasto en ID desde mediados de los ochenta se ha cristalizado en el despegue de su actividad inventiva a principios de los noventa. A diferencia de México, donde la actividad inventiva muestra una tendencia errática, en Corea del Sur la innovación tiende a ser sistemática y creciente, aunque aun a mucha distancia del nivel de los países industrializados.

Al ser la farmacéutica una industria basada en la ciencia, la innovación depende sustancialmente del gasto en ID. Pero, a su vez, la ID depende de los descubrimientos de los períodos anteriores (patentes). En esta investigación empírica se corrobora la hipótesis de que la retroalimentación que se establece entre ID y patentes potencia las capacidades de innovación de los países industrializados. Con excepción de Alemania, debido probablemente a su proceso de reunificación, en los países considerados en el estudio el GID impulsa la creación de patentes. La correlación poco significativa de estas variables de la innovación en Estados Unidos y Japón sugiere la existencia de rendimientos decrecientes en la actividad inventiva específica de la industria farmacéutica (Clase 514. Medicamentos y compuestos para el tratamiento de bioafecciones y del cuerpo) y la necesidad de recargas exógenas; o dicho en otros términos, innovaciones en otros campos relacionados o avances en las ciencias básicas. La correlación positiva en el caso de México es explicada por las tendencias decrecientes tanto en ID como en patentes.

A su vez, las patentes influyen en el incremento de la ID en todos los países, excepto en Alemania. La fuerte correlación de México entre patentes e ID contrasta con el bajo impacto en Estados Unidos. Sin embargo, en México no ocurre el círculo virtuoso, sino que, la ausencia de patentes en México conlleva a una desinversión en el GID y por tanto, a la ausencia de innovación. Según el análisis a nivel de panel de países se confirma la existencia de incertidumbre en los procesos de innovación, lo cual sugiere la pérdida de importancia del GID en la generación de innovaciones. Este resultado se matiza si se considera que la patente es un cambio en la frontera de producción, donde son requeridas nuevas oportunidades tecnológicas, que hacen que el conocimiento sea más com-

plejo. En consecuencia, la inversión en ID debe incrementarse no sólo en el campo de la farmacéutica sino también en los campos científicos que permitan nuevos hallazgos que fortalezcan la actividad inventiva. La inversión destinada a programas científicos como el genoma humano, sin duda ofrecerá nuevas oportunidades tecnológicas en el desarrollo de nuevos fármacos.

Considerando que en la farmacéutica la innovación se centra esencialmente en productos y no en procesos puede comprenderse el porqué la presencia de capital fijo no motiva una mayor inversión en ID. Aunque los resultados econométricos del impacto del PIB per cápita nacional, indicador de las capacidades sociales, en el nivel de innovación no fue significativo para el conjunto de países, en una próxima investigación nos interesa evaluar este impacto construyendo un modelo con indicadores más precisos. Así se profundizará el estudio de las fuentes de la divergencia o la convergencia tecnológica en una industria que debería ser estratégica para todos los países por su impacto social y económico.

BIBLIOGRAFÍA

- Aboites, J. y M. Soria, *Innovación, propiedad intelectual y estrategias tecnológicas: la experiencia de la economía mexicana*, México, Miguel Ángel Porrúa-UAM Xochimilco, 1999.
- Abramovitz, M. y P. David, “Convergence and Deferred Catch-up-Productivity Leadership and the Waning of American Exceptionalism”, en R. Landau *et al.* (eds.), *The Mosaic of Economic Growth*, Santanford, Universidad de Stanford, 1996, pp. 21-62.
- , “Catching Up, Forging Ahead and Falling Behind”, *Journal of Economic History*, 1986, pp. 385-406.
- , “Rapid Growth Potential and its Realisation: The Experience of Capitalist Economies in the Postward Period”, en E. Malinvaud (ed.) *Economic Growth and Resources*, vol. 1, The Major Issues, Londres, Macmillan, 1979, capítulo 1.
- Adams, J. D., “Endogenous R&D Spillovers and Industrial Research Productivity”, *NBER*, WP 7484, 2000.

- Amable, B., R. Barré y R. Boyer, “*Les systèmes d’innovation à l’ère de la globalisation*”, París, Economica Insee, 1997.
- Ballance, R., J. Pogany y H. Forstner, *The Worlds Pharmaceutical Industrial*, Aldershot, England, Edward Elgar, 1992.
- Baumol, “Productivity Growth, Convergence and Welfare: What the Long-run Data Show”, *American Economic Review*, núm. 76, 1986, pp. 1072-1085
- Blomström, M, R. Lipsey y M. Sejan, “Is Fixed Investment the Key to Economic Growth?”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 111, núm. 1, 1996, pp. 269-276.
- Capdeville, M. “El cambio tecnológico en la teoría micoreconómica neoclásica”, en L. Corona (coord.), *Teorías económicas de la tecnología*, México, Editorial Jus, 1999.
- Cohen, W., A. Goto, A. Nagata, R. Nelson y J. Walsh, “i&D spillovers, patents and incentives to innovate in Japan and the United States”, *NBER*, 2001, pp. 1-39.
- Combe, E y P. Zúñiga, “The Effects of Strengthening Intellectual Property Rights in the Pharmaceutical Sector: the Mexican Case”, trabajo presentado en el Congreso Internacional de Innovación y Propiedad Intelectual, noviembre 22 y 23, Belgica, 2001.
- Cornwall, J., “Diffusion, Convergence and Kaldor’s Law”, *Economic Journal*, núm. 85, pp. 307-314.
- Dutrénit, G., “Capacidades tecnológicas, i&D y apertura”, *Bolsa Mexicana de Valores*, febrero 2002, pp. 29-35.
- Evenson, R y Y. Kislev. *Agricultural Research and Productivity*, New Haven, Universidad de Yale, 1975.
- , “Patent Data by Industry: Evidence for Invention Potential Exhaustion?”, en *Technology and Productivity: The Challenge for Economic Policy*, París, OCDE, 1991, pp. 233-247.
- Fagerberg, J., “A Technology Gap Approach to why Growth Rates Differ”, *Research Policy*, núm. 16, 1987, pp. 87-99.
- Freeman, C., “The Nature of Innovation and Evolution of the Productive Systems”, en *The Economic Programme, Technology and Productivity: The Challenge for Economic Police*, OCDE, 1991, pp. 304-314.

- , *The Economics of Industrial Innovation*, 2ª edición, Londres, Frances Pinter, 1982.
- Gallini, N., “The Economics of Patent: Lesson from Recent us Patent Reform”, *Journal of Economic Perspectives*, núm. 16, 2000, pp. 131-154.
- Gershenkron, A., “Economic Backwardness in Historical Perspective”, en B.F. Hoselitz (ed.), *The Progress of Underdeveloped Areas*, Chicago, Universidad de Chicago, 1952, pp. 3-29.
- Gomulka, S., *The Theory of Technological Change and Economic Growth*, Londres y Nueva York, Routledge, 1990.
- , “Inventive Activity, Diffusion and Stages of Economic Growth”, *Skifter fra Aarhus Universitets Okonomiske Intitut*, núm. 24, Aarhus, Dinamarca, 1971.
- Granger, C., “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods”, *Econometrica*, núm. 37, 1969, pp. 424-438.
- Griliches, Z., “Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey”, *Journal of Economic Literature*, vol. XXVIII, diciembre, 1990.
- , “Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey”, *Journal of Economic Literature*, núm. 28, 1990, pp. 1661-1707.
- , “Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth”, *Bell Journal of Economics*, núm. 10, 1979, pp. 92-116.
- Grossman, G.M. y E. Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, The MIT Press, 1991.
- Guellec, D., “Économie et technologie. Quelques points de repère théoriques”, en D. Guellec, *Innovation et Compétitivité*, Insee Méthodes, núm. 37-38, París, Economica Insee, 1993, pp.11-37.
- Jaffe, A., “Technological Opportunity and Spillovers Of R&D: Evidence From Firms’ Patents, Profits, and Market Value”, *The American Economic Review*, núm. 76, 1986, pp. 984-1001.
- Keller, W., “International Technology Diffusion”, *NBER*, WP 8573, Cambridge, octubre, 2001.
- , “Absorptive Capacity: on the Creation and Acquisition of Technology in Development”, *Journal of Development Economics*, núm. 49, 1996, pp. 199-227.

- Lanjow, J., "The Introduction of Pharmaceutical Products Patents in India: Heartless Exploitation of the Poor and Suffering", *NBER*, WP 6366, 1998.
- Levin, R., A. Klevorick, R. Nelson y S. Winter, "Appropriating the Results of Industrial Research and Developments", *Brookling Papers on Economics Activity*, vol. 3, 1987, pp. 783-831.
- Madisson, A., *Phases of Capitalist Development*, Nueva York, Universidad de Nueva York, 1982.
- Mansfield, E. *et al.*, "Social and Private Rates of Return From Industrial Innovation", 1977, citado en Evenson (1990).
- , "Patent and Innovation: An Empirical Study", *Management Science*, núm. 32, 1986, pp. 173-81.
- , "Industrial Research and Development Expenditures Determinants, Prospects, and Relation to Size of Firm and Inventive Output", *The Journal of Political Economy*, vol. LXXII, núm. 4, agosto de 1964, pp. 319-340.
- Orsenigo, L., F. Pammolli y M. Riccaboni, "Thechnological Change and Network Dynamics", *Research Policy*, 2001.
- Posner, M.V., "International Trade and Technical Change", *Oxford Economic Papers*, núm. 13, 1961, pp. 323-341.
- Rassekh, F., "The Convergence Hypothesis: History, Theory and Evidence", *Open Economies Review*, núm. 9, 1998, pp.85-105.
- Schmookler, J., "Economic Sources of Inveny Activity", *Journal of Economic History*, marzo, 1962, pp. 1-20.
- Soto, R., R. Cárdenas, P. Parra y R. Cassaigne, *Protección a la inventiva farmacéutica*, Asociación Farmacéutica Mexicana, 2001.
- Spilker, B., *Multinational Drug Companies: Issues in Drug Discovery and Development*, Nueva York, Raven Press, 1989.
- Tarabusi, C. y Vickery, G., "La mondialisation de L'industrie pharmaceutique", en *La Mondialisation de L'industrie*, OCDE, 1997.
- Tirole, J., *Industrial Organisation*, MIT Press, Massachusetts, 1988.
- Wyatt, G., "The Economics of Inventions", Nueva York, St. Martin's Press, 1986.
- Zaidman, C. y O. Bovar, "Efficacité des systèmes nationaux de R&D. Un essai d'explication", en D. Guellec, *Innovation et Compétitivité*, Insee Méthodes, núm. 37-38, Paris, Economica Insee, 1993, pp. 69-91.

ANEXO 1

CUADRO 1
Industria farmacéutica:
índice del nivel tecnológico con base en patentes

	1978-1982	1983-1991	1992-2000
	Países industrializados		
Estados Unidos	0.2045	0.2653	0.4964
Canadá	0.0257	0.0545	0.0868
Japón	0.3523	0.7	0.6364
Alemania	0.04	0.0479	0.0385
Francia	0.0328	0.031	0.038
Reino Unido	0.0026	0.0029	0.0154
	Países en desarrollo		
México	0	0.0004	0.0005
Corea	0	0.0013	0.0227
India	0	0	0.0001

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la USPTO, Anuario Industrial de la ONU, STAN DATABASE de la OCDE, Estadísticas de población de la ONU, varios años. El índice se define de la siguiente manera $[(PAT_{it}/POB_{it})/(EXP_{it}/PIB_{it})]$. Donde PAT_{it} = patentes de la industria farmacéutica; POB_{it} = población nacional; EXP_{it} = exportaciones de la industria farmacéutica a precios de 1990 en millones de dólares estadounidenses; y PIB_{it} = PIB de la industria farmacéutica a precios de 1990 en millones de dólares estadounidenses.

CUADRO 2***Industria farmacéutica: intensidad del gasto en ID***

	1978-1982	1983-1991	1992-2000
	Países industrializados		
Estados Unidos	17.80%	22.40%	26.50%
Canadá	7.90%	8.40%	21.00%
Japón	9.30%	15.40%	26.00%
Alemania	16.80%	21.50%	32.90%
Francia	22.80%	25.90%	30.40%
Reino Unido	27.30%	29.10%	39.30%
	Países en desarrollo*		
México	5.00%	1.80%	0.40%
Corea	5.20%	8.70%	22.60%
India	4.87%	6.15%	6.52%

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos del Research and Development Expenditure Industria, OCDE(2000), 1977-1998, y el STAN DATABASE de la OCDE, varios años.

* Datos obtenidos del Sistema de Cuentas Nacionales de los países. El índice se define de la siguiente manera: $(GID_{i,t}/PIB_{i,t})$. Donde: $GID_{i,t}$ = gasto en investigación y desarrollo para la industria farmacéutica a precios de 1990 en millones de dólares estadounidenses; y $PIB_{i,t}$ = PIB de la industria farmacéutica a precios de 1990 en millones de dólares estadounidenses.

CUADRO 3***Industria farmacéutica:******coeficiente de correlación del nivel tecnológico y económico***

	1978-1982	1983-1991	1992-2000
Índice R&D/Índice PAT /a	0.9999	0.9999	0.9999
Índice R&D/PIB per cápita nacional /a, /b	0.8817	0.8503	0.7963
Índice PAT/PIB per cápita nacional /a, /b	0.8818	0.8506	0.7967

a/ Muestra = 9 países con datos de 1978-2000.

b/ Precios de 1990 en dólares estadounidenses.

CUADRO 4

Industria farmacéutica:

Impacto de la tasa de crecimiento del CID en la tasa de patentes en países seleccionados

País	$\text{tpat}_{it} = c(1)^* \text{lgid}_{it} + e_{it}$										[1]
	Estados Unidos	Canadá	Japón	Alemania	Francia	Reino Unido	México	Corea	India	a	
n	19	19	19	17	17	15	18*	18	18	18	
c(1)	0.0257	1.1707	0.2316	-0.0217	0.5675	2.4223	2.4268	2.206	6.369	6.369	
SD	-0.1333	-0.6171	-0.2805	-0.2538	-0.3455	-2.5552	-0.8425	-0.9013	5.472	5.472	
Akaike	-0.2055	1.6262	-0.1585	0.4904	-0.7637	3.1347	1.6404	-0.9883	3.515	3.515	
Schwarz	-0.1558	1.676	-0.1088	0.5394	-0.7146	3.1819	1.5623	-0.9479	3.507	3.507	
DW	2.3761	2.565	1.6914	0.9677	2.7283	2.2563	2.1235	2.4113	3.043	3.043	
Ljung-Box(5)	11.087	6.822	1.936	2.6542	14.318	6.9008	0.6859	5.1678	2.459	2.459	

* En 13 posiciones el nivel de patentes es de 0, lo que provoca que al calcular el estadístico $u(k)$ el máximo rezago que acepta es de $k=3$.

a/ En el caso de India el estadístico t es bueno (1.1638), pero la dw es muy alta (3.043), por tal razón el cid está más bien enfocado a imitar las patentes existentes, más que a crear patentes.

CUADRO 5
Industria farmacéutica: impacto del nivel de patentes obtenidas en la USPTO en el incremento del GID en países seleccionados

País	$\Delta \text{gid}_{it} = c(1) + c(2)_i \text{ pat}_{it} + e_{it}$										[2]
	Estados Unidos	Canadá	Japón	Alemania	Francia	Reino Unido	México	Corea	India /a		
n	19	19	19	17	17	15	18*	18	18*		
c(1)	257.813	2.546	-16.989	-569.777	-12.198	105.722	-2.724	12.897	1.642414		
SD	-500.535	-8.035	-138.612	-482.58	-58.854	-51.168	-0.639	-3.483	0.449052		
c(2)	0.107	0.65	0.636	2.412	0.125	-0.495	1.099	3.198	0.446761		
SD	-0.426	-0.257	-0.394	-1.929	-0.399	-2.319	-0.622	-0.403	0.079269		
Akaike	15.593	9.001	13.741	15.138	11.244	12.916	4.681	5.392	4.238698		
Schwarz	15.692	9.101	13.57	15.236	11.343	13.015	4.78	5.492	4.337884		
F	0.063	6.363	2.612	1.563	1.132	0.045	3.114	62.924	31.7644		
DW	1.887	2.308	2.641	2.075	1.729	2.074	1.465	1.461	1.057921		
Ljung-Box(5)	3.077	2.991	5.497	3.988	7.089	2.637	7.532	4.818	8.2679		

* En 13 posiciones el nivel de patentes es de 0.

a/ Es del signo esperado c(2), y es significativo (t=-5.63), pero DW es baja, posible explicación, las patentes si estimulan el GID pero se debe tener claro que en la India el GID está enfocado a imitación, no a creación.

CUADRO 6***Industria farmacéutica: patentes obtenidas en la USPTO explicadas como un paseo aleatorio en el panel de países seleccionados****

<i>País</i>	$PAT_{it} = c(1) + c(2) * PAT_{it-1} + e_{it}$ [3]	
	<i>c(1)</i>	<i>c(2)</i>
	3.02	1.046
SD	-6.192	-0.012
F		7 262.1
DW		2.287

El total de observaciones en el panel es de 198.

* Eviews no incorpora la prueba de Dickey Fuller en panel por lo que no se incluye.

CUADRO 7***Industria farmacéutica: incremento en patentes obtenidas en la USPTO explicado por el GID del panel de países seleccionados***

<i>País</i>	$\Delta PAT_{it} = c(1) + c(2) * GID_{it} + e_{it}$ [4]	
	<i>c(1)</i>	<i>c(2)</i>
	-3.2546	0.0104
SD	6.4794	0.0019
F		27.1991
DW		2.3061

El total de observaciones en el panel es de 198.

CUADRO 8***Industria farmacéutica: incremento en el GID explicado por el nivel de patentes obtenidas en la USPTO en el panel de países seleccionados***

<i>País</i>	$\Delta GID_{it} = c(1) + c(2) * PAT_{it} + e_{it}$ [5]	
	<i>c(1)</i>	<i>c(2)</i>
	12.6051	0.5429
SD	26.8424	0.0485
F		125.17
DW		2.3399

El total de observaciones en el panel es de 198.

CUADRO 9

Industria farmacéutica: impacto del nivel de patentes obtenidas en la USPTO en el incremento del GDP diferenciando entre los países del panel seleccionado

País	$\Delta \text{GID}_{\text{kit}} = c(1) + c(k) * \text{PAT}_{\text{kit}} + e_{\text{kit}}, k = 2, \dots, 10$										[6]
	Estados Unidos	Canadá	Japón	Alemania	Francia	Reino Unido	México	Corea	India		
k*	10	5	9	8	7	6	4	3	3	3	
n	19	19	19	17	17	15	18*	18	18*	18*	
c(1)	-2.5645	-2.5645	-2.5645	-2.5645	-2.5645	-2.5645	-2.5645	-2.5645	-2.5645	-2.5645	
SD	36.7614	36.7614	36.7614	36.7614	36.7614	36.7614	36.7614	36.7614	36.7614	36.7614	
c(k)	0.5461	0.8452	0.7529	0.2826	0.3778	2.3447	0.6664	4.6232	0.7447	0.7447	
SD	0.05	1.1651	0.1977	0.1977	0.4282	0.9071	70.5866	5.4091	12.2274	12.2274	
F									14.538	14.538	
DW(panel)									2.441	2.441	

El total de observaciones en el panel es de 198.

* El valor de k para el coeficiente c(k) se asignó de acuerdo al liderazgo tecnológico, del más débil al más fuerte.

CUADRO 10

Industria farmacéutica: brechas tecnológicas en el conjunto de los países

SD	$\text{PAT}_{\text{it}} = c(1) + c(2) * \text{FBCFF}_{\text{it},t-1} + c(3) * \text{PERN}_{\text{it}} + c(4) * \text{PAT}_{\text{it},t-1} + c(5) * \text{STOCKID}_{\text{it}} + e_{\text{it}}$					[7]
	c(1)	c(2)	c(3)	c(4)	c(5)	
SD	5.4795	-0.3705	-0.0004	0.9426	0.0172	
F (panel)	18.6834	0.7676	0.0009	0.0353	0.0053	
DW (panel)					1 944.069	
					2.2199	

El total de observaciones en el panel es de 180.

CUADRO 11

Industria farmacéutica: brechas tecnológicas con efectos diferenciados en el panel de países

País	$PAT_{k,t} = c(1) + c(11) * FBCFIF_{k,t-1} + c_1(k) * PERN_{k,t} + c_2(k) * PAT_{k,t-1} + c_3(k) * STOCKID + e_{k,t}, \quad k = 2, \dots, 10$										[8]
	Estados Unidos	Canadá	Japón	Alemania	Francia	Reino Unido	México	Corea	India		
k*	10	5	9	8	7	6	2	4	3		
n	19	19	19	17	17	15	18*	18	18*		
c(1)	-7.3333	-7.3333	-7.3333	-7.3333	-7.3333	-7.3333	-7.3333	-7.3333	-7.3333		
SD	47.26469	47.26469	47.26469	47.26469	47.26469	47.26469	47.26469	47.26469	47.26469		
c(11)	-0.1311	-0.1311	-0.1311	-0.1311	-0.1311	-0.1311	-0.1311	-0.1311	-0.1311		
SD	1.4859	1.4859	1.4859	1.4859	1.4859	1.4859	1.4859	1.4859	1.4859		
c ₁ (k)	0.0097	0.0003	0.0077	0.0072	0.0003	-0.0014	0.0029	0.0006	0.0419		
SD	0.0034	0.0031	0.0071	0.0069	0.0052	0.0058	0.0185	0.0125	-0.7103		
c ₂ (k)	0.5083	0.2616	0.6727	0.655	-0.0776	0.9789	0.4644	0.0993	0.4172		
SD	0.0818	1.5011	0.3757	0.4062	0.8286	0.621	22.1438	7.3054	7.3571		
c ₃ (k)	0.0618	0.1328	0.0035	-0.0024	0.146	0.0183	-0.0944	0.0301	0.5436		
SD	0.0097	0.2546	0.0187	0.0331	0.1192	0.0317	1.09	0.3094	5.191		
DW (panel)										1.8622	

El total de observaciones en el panel es de 198.

* El valor de k para el coeficiente c_i(k), i = 1, 2, se asignó de acuerdo al liderazgo tecnológico, del más débil al más fuerte.

CUADRO 12

***Industria farmacéutica de países en desarrollo:
brechas tecnológicas con efectos diferenciados
entre los países en desarrollo***

$$PAT_{k,ped,t} = c(1) + c(11) * FBCFIF_{k,ped,t-1} + c_1(k) * PERN_{k,ped,t} + c_2(k) * PAT_{k,ped,t-1} + c_3(k) * STOCKIG_{k,ped,t} + e_{k,ped,t}; \quad k = 2,3,4 \quad [9]$$

<i>País</i>	<i>México</i>	<i>Corea</i>	<i>India</i>
k^*	2	4	3
n	19	19	19
$c(1)$	-1.886	-1.886	-1.886
SD	1.7284	1.7284	1.7284
$c(11)$	0.0842	0.0842	0.0842
SD	0.0524	0.0524	0.0524
$c_1(k)$	0.0005	-0.0673	-0.0008
SD	0.0006	0.0236	0.0004
$c_2(k)$	-0.1412	0.3787	-0.2603
SD	0.7363	0.2449	0.2445
$c_3(k)$	-0.03	0.5207	0.0475
SD	0.0632	0.1721	0.0104
F (panel)			63.9585
DW(panel)			2.0446

El total de observaciones en el panel es de 60.

*El valor de k para el coeficiente $c(k)$, con $k = 1,2,3$, se asignó de acuerdo al liderazgo tecnológico, del más débil al más fuerte. PED significa país en desarrollo, sustituyendo a i .

CUADRO 13

***Industria farmacéutica de países desarrollos:
brechas tecnológicas con efectos diferenciados
entre los países desarrollos***

$$PAT_{k,pd,t} = c(1) + c(11) * FBCFIF_{k,pd,t-1} + c_1(k) * PERN_{k,pd,t} + c_2(k) * PAT_{k,pd,t-1} + c_3(k) * STOCKIG_{k,pd,t} + e_{k,pd,t}; k = 5,6,7,8,9,10 \quad [10]$$

<i>País</i>	<i>Canadá</i>	<i>Reino Unido</i>	<i>Francia</i>	<i>Alemania</i>	<i>Japón</i>	<i>Estados Unidos</i>
k^*	5	6	7	8	9	10
n	20	20	20	20	20	20
$c(1)$	-22.0857	-22.0857	-22.0857	-22.0857	-22.0857	-22.0857
SD	142.0842	142.0842	142.0842	142.0842	142.0842	142.0842
$c(11)$	-1.5439	-1.5439	-1.5439	-1.5439	-1.5439	-1.5439
SD	5.4172	5.4172	5.4172	5.4172	5.4172	5.4172
$c_1(k)$	0.0018	0.0016	0.0021	0.0094	0.0103	0.0113
SD	0.008	0.0129	0.0114	0.0125	0.0136	0.0077
$c_2(k)$	0.2164	1.0221	-0.0875	0.6522	0.654	0.51
SD	1.8492	0.7727	1.0184	0.5052	0.4691	0.1008
$c_3(k)$	0.1484	0.0103	0.155	-0.0046	0.003	0.0607
SD	0.3222	0.0455	0.1571	0.0469	0.0249	0.0125
F (panel)						256.3542
dw(panel)						1.8598

El total de observaciones en el panel es de 120.

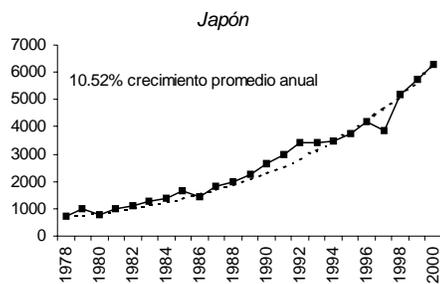
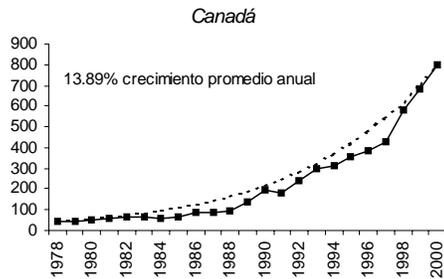
*El valor de k para el coeficiente $c_i(k)$, con $i=1,2,3$, se asignó de acuerdo al liderazgo tecnológico, del más débil al más fuerte. PD significa países desarrollados, sustituyendo a i .

ANEXO 2

GRÁFICA 1

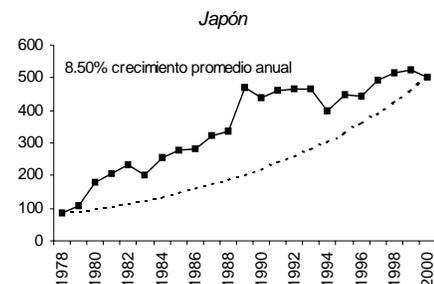
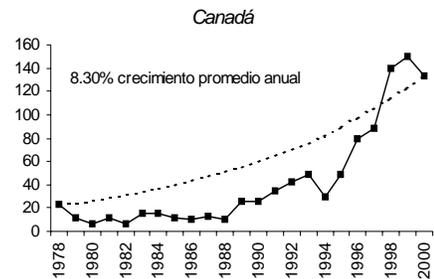
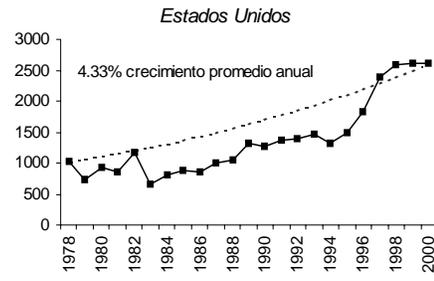
Industria farmacéutica: evolución de los niveles tecnológicos en países industrializados, 1978-2000

Gasto en investigación y desarrollo
(millones de dólares de us, a precios de 1990)



Fuente: *Research and Development Expenditure Industry*, OCDE, 2000.

Patentes otorgadas en Estados Unidos
(número de patentes)

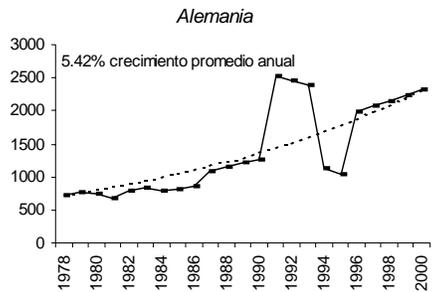


Fuente: *United States Patent and Trademark Office (USPTO)*, Washington, varios años.

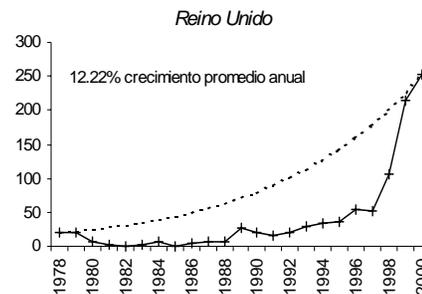
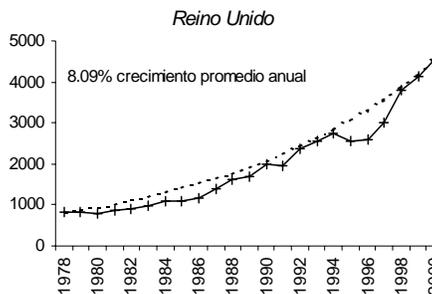
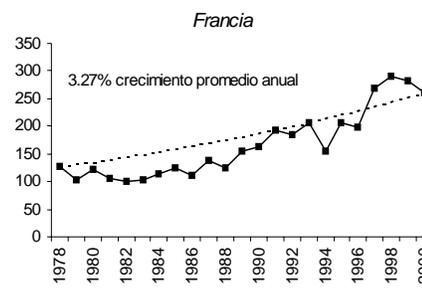
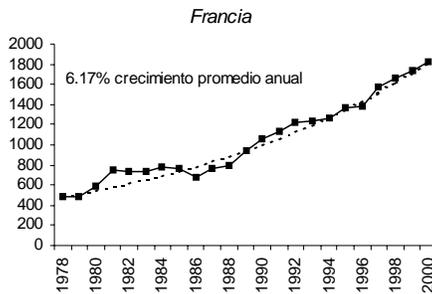
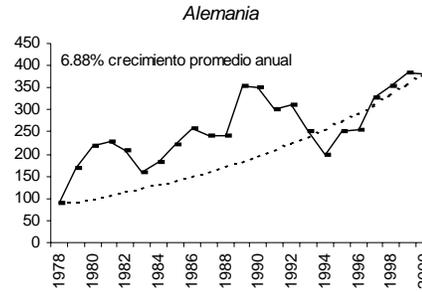
GRÁFICA 2

Industria farmacéutica: evolución de los niveles tecnológicos en países europeos, 1978-2000

Gasto en investigación y desarrollo
(millones de dólares de us, a precios de 1990)



Patentes otorgadas en Estados Unidos
(número de patentes)



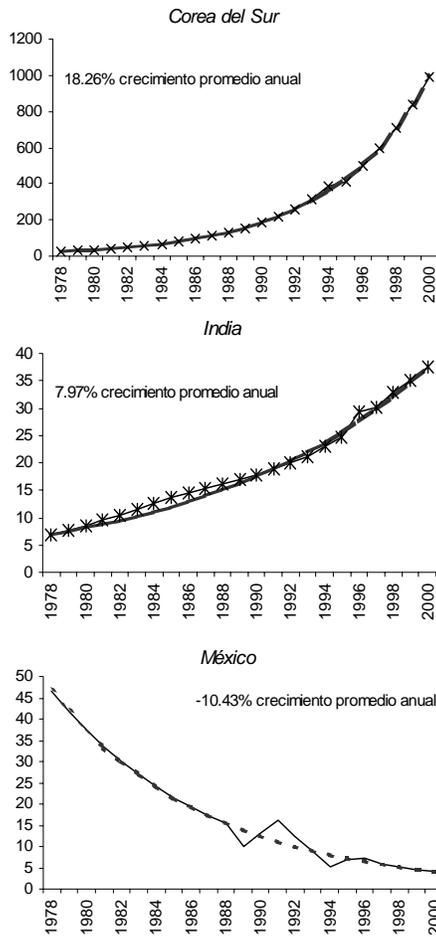
Fuente: *Research and Development Expenditure Industry*, OCDE, 2000.

Fuente: *United States Patent and Trademark Office (USPTO)*, Washington, varios años.

GRÁFICA 3

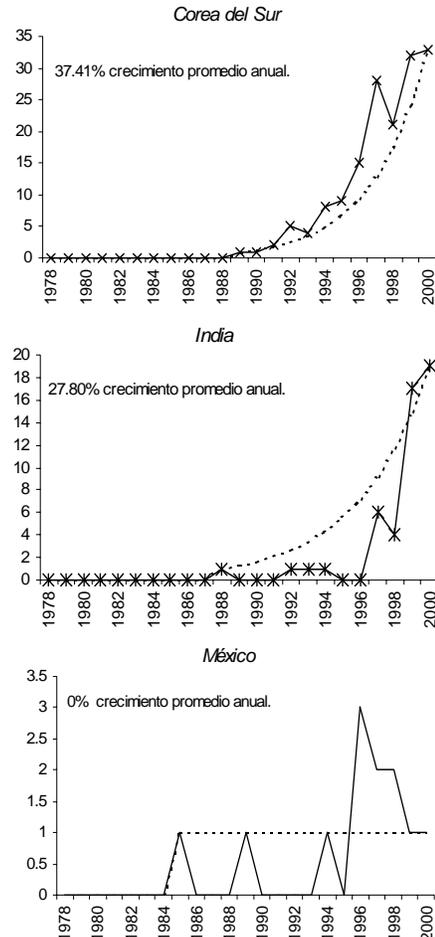
Industria farmacéutica: evaluación de los niveles de desarrollo tecnológico en países en desarrollo, 1978-2000

Gasto en investigación y desarrollo
(millones de dólares de us, a precios de 1990)



Fuente: *Research and Development Expenditure Industry*, OCDE, 2000.

Patentes otorgadas en Estados Unidos
(número de patentes)



Fuente: *United States Patent and Trademark Office (USPTO)*, Washington, varios años.